

## 옥수수전분 제조공정의 부산물인 maize germ의 지질 및 아미노산 조성

조성환 · 김재욱\* · 최종덕

경상대학교 식품공학과 · 서울대학교 식품공학과\*  
(1986년 1월 18일 접수)

## Chemical Composition of Maize Germs Separated in the Manufacture of Cornstarch

Sung-Hwan Cho, Ze-Uook Kim\* and Jong-Duck Choi

*Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University*

*\*Department of Food Technology, Seoul National University*

### Abstract

This study was conducted to research the industrial utilization of the maize germs separated in the manufacture of the cornstarch.

The maize germs contained crude protein (25.3%) and crude fat (19.2%), with the 512 Kcal/100g of determined food energy values.

It was found to have the valuable amounts of essential minerals, such as the content of calcium and phosphorus were low (53.0, 12.3mg%), while those of potassium (495.4mg%), magnesium (95.0mg%), zinc (48.3ppm) and manganese (45.2ppm) were plentiful.

It was noted that the iodine value was 44.0, saponification value 292.3, acid value 1.5 and peroxide value about 3.3.

The lipid fractions obtained by silicic acid column chromatography were mainly composed of neutral lipid, whereas, the contents of glycolipid and phospholipid were scarcely. The major fatty acids in total lipids were linoleic (60~62.5%), oleic (20~22.5%) and palmitic (10~13.5%) acids. The content of the unsaturated fatty acids was more predominant than that of the saturated fatty acids. The content of the insoluble proteinous nitrogen (32.5%) was the most abundant, whereas, the contents of soluble proteinous nitrogen (12.7%) and peptide proteinous nitrogen (3.3%) were low. The major amino acids of the maized germs were glutamic, glycine, alanine and aspartic. It has been identified by the SDS-disc electrophoresis that the protein of maized germs had 5~6 bands. Compared with standard substances, the molecular weight of the main protein was estimated to be 14,500~24,500.

서론

근 반세기 동안 옥수수를 원료로 하는 전분제조 방법에 관한 연구가 진행되어왔다.<sup>1~3)</sup>

근래에 와서 옥수수전분의 제조를 목적으로 널리 사용되고있는 방법은 Bottled up system<sup>4)</sup>으로 이방법은 생산수율을 극대화하고 정제도가 높은 방법으로 인정되어 오고 있다.

아울러, 이와 같은 방법에 의하여 옥수수전분을 제조하는 과정에서 얻어지는 catted-food, dried gluten, corn-bran, germ-oil 및 corn-oil 등과 같은 부산물의 이용에 관한 연구<sup>4)</sup>가 상당히 진행되어 있기도 하고, 공장폐수중에 배설되는 폐기물의 하천오염문제도 심각한 문제로 검토되고 있는 실정이다.

본 실험에서는 아황산수에 침지한 옥수수를 파쇄하고, 비중의 차로 전분부와 분리하여 모아지는 배아함유 폐기물의 조성분을 분석·정량하여, 이들의 산업적 이용을 목적으로 하는 기초자료를 얻을 수 있었다.

재료 및 방법

1. 재료의 구입 및 처리

본 실험에서는 옥수수전분 제조공정에서 생산되는 분리배아시료를 1984년 5월 부산 및 경남지방의 전분제조공장 3개소로 부터 수거하여 45℃의 incubator에서 5일간 건조하고 willey mill로 분쇄하여 40mesh의 체를 통과시킨 것을 0℃의 온도에서 저장하면서 분석용 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 일반성분의 분석

각 시료중의 수분, 조단백질, 조지질, 탄수화물, 회분 및 조섬유등 일반성분은 AOAC법<sup>5)</sup>에 의하여 분석하였다.

(2) Calorie 측정

시료의 열량은 Automatic bomb calorimeter CA-3(Simadzu Co. Japan)를 사용하여 측정하였으며 표준물질 benzoic acid(6,318 cal/g, Moline, U.S.A.)로 열량을 보정하였다.

(3) 유지의 화학적 특성의 분석

각 시료로 부터 추출한 조지방질에 대한 iodine

value, saponification value, acid value 및 peroxide value 등의 화학적 특성치의 분석은 일본기분유지분석법<sup>6)</sup> 및 AOCS법<sup>7)</sup>에 따라 측정하였다.

(4) 무기성분의 정량

무기성분의 분석을 위한 시료 용액은 습식법<sup>8)</sup>에 의하여 제조 하였으며 무기성분중 인은 vanadomolybdate method<sup>9)</sup>에 의하여 정량하고 나머지 무기질성분은 automic adsorption spectrophotometer(IL-151, U.S.A.)를 사용하여 별도로 작성한 standard curve로 부터 시료액중의 함량을 측정하였다.

(5) 지방질의 분석

각 시료중의 지질성분은 Fig.1에 준하여 계통 분석하였다.

① 전지질 및 유리지질의 추출

전지질은 마쇄한 시료에 chloroform-methanol(2:1, v/v)<sup>10,11)</sup>의 혼합용매를 가하고 80℃이상의 water bath에서 magnetic stirrer로 교반하면서 3시간 동안 환류추출한 후 흡입여과하고 다시 그 잔사를 같은방법으로 2회 더 반복 추출하여 앞서 추출한 용액과 합친 후 감압농축하여 용매를 제거하고 Folch<sup>6)</sup>법에 의하여 정제하였다. 정제한 지질은 감압 농축하여 유리병에 넣어 질소가스를 충전하여 밀봉한 후 냉장고에 보관하면서 분석에 사용하였다.

유리지질은 Soxhlet장치를 이용하여 diethyl ether로 24시간 동안 추출하여 전지질과 같은 방

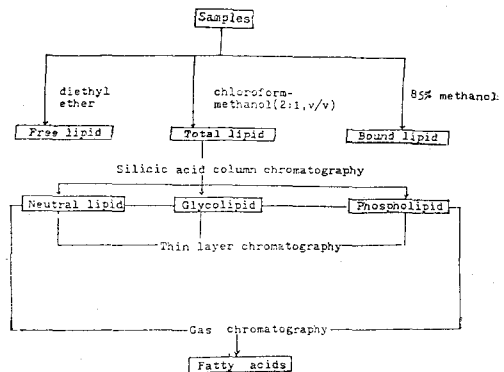


Fig. 1. Flow chart for the extraction and fraction of the lipid components in the germs separated in the manufacture of cornstarch.

법으로 정제하고 질소를 증진하여 냉장고에 보관 하면서 분석에 사용하였다.

② 지질의 분리 및 정량

각 시료로부터 추출·정제한 전지질을 silicic acid column chromatography(scc)<sup>12~14)</sup>에 의하여 중성지질, 당지질 및 인지질로 각각 분리하였다. 한편, 당지질은  $\alpha$ -naphthol 시약<sup>15)</sup>을 사용하여 재 확인 하였으며 Dittmer-Lester시약<sup>16)</sup>을 써서 인지 질을 확인하였고, 인지질의 인산기는 Zinazadze 시약,<sup>17)</sup> choline기는 D-ragendorff시약<sup>18)</sup>을 써서 각각 확인하였다.

③ 지방산의 분석

각 시료에서 추출·정제한 전지질을 상법<sup>19)</sup>에 의하여 검화시키고 불검화물을 제거한 후 혼합지방산을 분리하였다. 지방산의 methyl ester는 BF<sub>3</sub>-methanol을 이용한 Metcalfe 등의 방법<sup>20)</sup>에 따라 조제하고 ether에 녹여 gas liquid chromatograph(GLC)에 의하여 분석하였는데 이때의 분석기기 및 사용조건은 Table 1과 같다.

**Table 1. Instrument and operating conditions for gas chromatography.**

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Instrument                   | Shimadzu gas chromatography (Model GC-6A) |
| Detector                     | Flame ionization detector                 |
| Column                       | Stainless steel 2m×3mm ID. 15% DEGS       |
| Carrier gas(N <sub>2</sub> ) | 100ml/min                                 |
| Column temperature           | 170°C                                     |
| Injection temperature        | 200°C                                     |
| Detector temperature         | 200°C                                     |
| Chart speed                  | 5mm/min                                   |

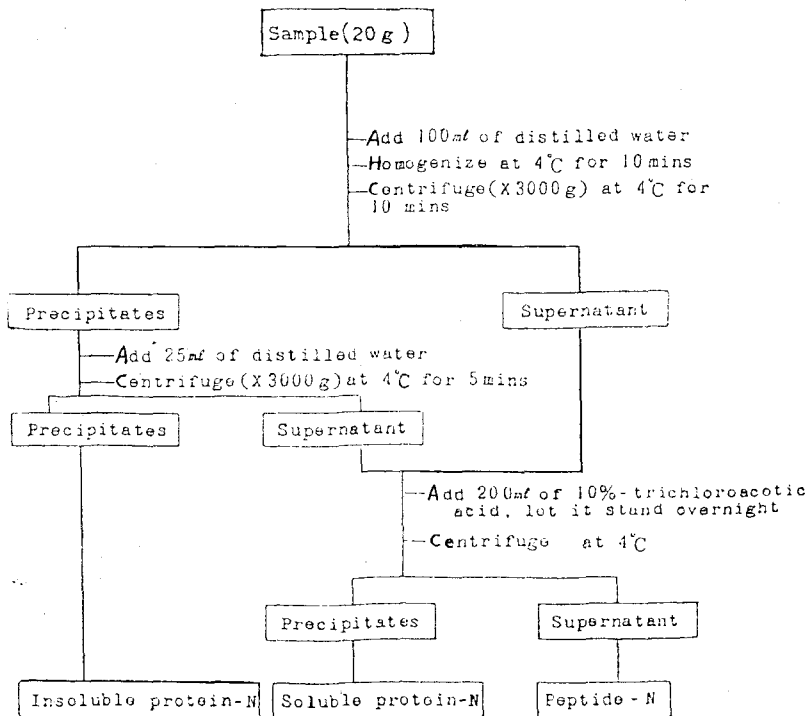
(6) 단백질의 분석

① 질소화합물의 분리 및 정량

시료 단백질의 분리 및 정량은 Campenio등<sup>21)</sup>의 방법에 따라 Figure 2와 같이 실험하였다.

② Amino산 조성 분석

탈지한 단백질시료 각 100mg을 분해용 시험관



**Fig. 2. Schematic diagram of isolation of nitrogenous in the germs separated in the manufacture of cornstarch.**

에 넣고 6N-HCl<sup>22)</sup>로 산 가수분해한 후, Amino산 자동분석기(LKB-4150, England)에 의하여 분석하였다. 또한 산분해에 의하여 파괴되기 쉬운 cystein과 methionine을 측정하기 위하여 performic acid 산화법<sup>23)</sup>을 이용하였다.

③ 단백질의 Disc-gel 전기영동 및 분자량 측정 각 시료 단백질에 대한 전기영동 pattern은 Ornstein<sup>24)</sup>과 Davis의 방법에 따라 실험하였는데 표준물질로서는 Dalton mark V(Sigma Co., U.S.A)를 사용하여 시료 단백질과 같이 전기영동하였다.

### 결과 및 고찰

전분제조 공정중에서 얻어지는 옥수수 분리배아 시료중의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

**Table 2. Proximate composition of the maize germs separated in the manufacture of cornstarch.**

| Component           | Content(%) |
|---------------------|------------|
| Moisture            | 7.9        |
| Crude protein       | 25.3       |
| Crude fat           | 19.2       |
| Ash                 | 3.7        |
| Crude fiber         | 4.9        |
| Carbohydrate        | 38.6       |
| Calorie (Kcal/100g) | 512        |

전형적인 미국 옥수수의 성분<sup>4)</sup>을 살펴보면 수분 12~14%, 전분 61~63.5%, 단백질 8.3~8.5%, 지방 4.4~4.5% 및 섬유소 23~24%로 배아의 구성분과 비교할 때 특히 조섬유 함량에 커다란 차이를 보였다. 배아중에는 조단백 및 조지방의 함량이 각각 25.3%, 19.2%로 종자단백질<sup>26)</sup>의 25~30% 및 대두지방<sup>27)</sup>의 18%에 해당하는 높은 함량을 나타내었다. 한편, 배아시료 100g당 열량도 대단히 우수하며 쌀 340kcal, 보리 332kcal<sup>28)</sup>보다 훨씬 높은 열량을 보였을 뿐 아니라 대두의 510kcal<sup>27)</sup>에 상당하는 높은 열량을 보유하고 있음을 알 수 있었다.

옥수수전분 제조중에 분리되는 배아부의 무기

**Table 3. Mineral contents of maize germs.**

| Ca   | K     | Mg   | Na   | P    |
|------|-------|------|------|------|
| mg%  |       |      |      |      |
| 53.0 | 495.4 | 95.0 | 21.0 | 12.3 |
| Fe   | Cu    | Zn   | Mn   |      |
| ppm  |       |      |      |      |
| 17.5 | 5.4   | 48.3 | 45.2 |      |

성분 함량은 Table 3과 같다.

Ca함량은 53mg%로 호박종자의 79mg%<sup>29)</sup> 사과종자의 480mg%<sup>29)</sup>에 비하면 비교적 낮은 함량을 보이고 있고 K과 Mg함량은 각각 식용식물 종자중의 함량인 240~380mg%와 60~80mg%에 비하여 높았으나 P는 호박 950mg%,<sup>29)</sup> 감귤류 240mg%<sup>29)</sup>에 비하면 크게 낮은 값을 나타내었다. 미량원소 가운데, Zn 48.3ppm, Mn 45.2ppm으로, 각각 식물종자의 10~40ppm과 3.5~28ppm<sup>26)</sup>에 비하면 높은 값을 보였는데 이는 옥수수전분 분리과정중 첨가되는 시약등 처리약품에 오염된 배아부의 혼합물에서 기인된 때문인것 같다.

옥수수 분리배아부에서 추출한 지방질의 iodine value, acid value, saponification value 및 peroxide value등의 화학적 특성치를 측정 한 결과는 Table 4와 같다.

**Table 4. Oil characteristics of maize germs**

|                      |       |
|----------------------|-------|
| Iodine value         | 44.0  |
| Acid value           | 1.5   |
| Saponification value | 292.3 |
| Peroxide value       | 3.3   |

iodine value는 440, saponification value 292.3으로 Bernardini<sup>30)</sup>가 분석한 corn germ oil의 110~125 및 180~195와는 상당한 차이가 있었다. 이것은 본 실험에서 사용한 배아 분리부에는 다른 성분들이 혼입 되어있고 정제되지 않는 시료를 사용한 때문으로 생각되었다. 따라서 본 실험 시료의 지방질은 분자량이 비교적 크고 불포화도가 낮은 지방산으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 또한 acid value 1.5, peroxide value 3.3으로 지방추출용 종자나 배아의 지방질 특성과 유사한

것으로 나타났다.<sup>30)</sup>

전분제조 과정에서 부산물로 분리·제거되는 배아부함유 시료로부터 추출한 지방질을 silicic acid column chromatography 법에 의하여 중성지질, 당지질, 인지질로 분리·정량한 결과는 Table 5와 같다.

**Table 5. Contents of neutral lipids, glycolipids and phospholipids in total, free and bound lipids of the maize germs as dry weight basis (%)**

| Lipid class | Neutral lipid | Glycolipid | Phospholipid |
|-------------|---------------|------------|--------------|
| Total lipid | 67.9          | 28.2       | 3.9          |
| Free lipid  | 62.4          | 34.0       | 3.6          |
| Bound lipid | 15.3          | 48.2       | 36.5         |

전지질의 함량은 21.5%이며 이중 19.2%가 유리지질이고, 2.3%가 결합지질로서 대부분의 지질이 ether로 추출될 수 있는 형태로 구성되어 있다. 또한, 유리지질은 중성지질 62.4%, 당지질 34.0%로 지질성분의 대부분을 차지하고 있는 반면, 결합지질은 중성지질 15.3%로 구성비가 낮고 당지질 48.2%, 인지질 36.5%로서 주요 지방질 성분으로 나타났다.

전술한 방법으로 추출·분리한 전지질, 유리지질 및 결합지질을 BF<sub>3</sub>-methanol로 methylation시켜 얻은 지방산의 methyl ester를 gas chromatography에서 분석한 결과는 Table 6과 같다.

**Table 6. Fatty acid compositions of total, free and bound lipids in maize germs**

| Fatty acids | (unit: wt. %) |            |             |
|-------------|---------------|------------|-------------|
|             | Total lipid   | Free lipid | Bound lipid |
| 14:0        | 0.4           | 0.2        | 0.8         |
| 16:0        | 12.3          | 10.1       | 13.5        |
| 16:1        | 0.1           | 0.2        | 0.2         |
| 18:0        | 1.5           | 1.7        | 1.0         |
| 18:1        | 22.2          | 21.5       | 20.3        |
| 18:2        | 60.3          | 62.4       | 61.0        |
| 18:3        | 2.4           | 2.7        | 2.1         |
| Sat.        | 14.2          | 12.0       | 15.3        |
| Unsat.      | 85.0          | 86.8       | 83.6        |

전지질, 유리지질 및 결합지질 모두 palmitic acid 10~13.5%, oleic acid 20~22%, linoleic acid 60~62.5%가 주종을 이루는 성분으로 이것은 corn germ oil<sup>30)</sup>의 palmitic acid 8~11.5%, Oleic acid 24~38%, linoleic acid 42~62%와 조성비가 일치하는 것을 알 수 있었다. 그 이외의 지방산으로는 stearic acid 1.0~2.0%로 소량 함유되어 있으며, 배아부 지질성분은 linoleic acid를 중심으로하는 불포화지방산이 83~87%, 포화지방산 12~16%로 각 지질의 구성비를 가지고 있었다.

시료중의 질소화합물을 Figure 2와 같이 계통 분석하여 얻어진 결과는 Table 7과 같다.

**Table 7. Contents of nitrogenous compounds in maize germs.**

| N-Compounds                   | Content(%) |
|-------------------------------|------------|
| Soluble proteinous nitrogen   | 12.7       |
| Insoluble proteinous nitrogen | 32.5       |
| Peptide nitrogen              | 3.3        |

즉, 분리배아에는 불용성 단백질질소 함량이 32.5%로 가장 많고, 수용성 단백질질소 12.7%이며 peptide태의 질소화합물은 3.3%로 적은 함유량을 보였다. 따라서, 시료중의 질소화합물은 70% 정도가 불용성 단백질 형태로 구성되어 있음을 알 수 있다.

Table 7에서 나타난 시료단백질의 아미노산 조성을 알기 위하여 단백질 산 가수분해물을 amino acid 자동분석기에서 정량한 결과는 Table 8과 같다.

즉, 6N염산 가수분해시 가수분해 되는 동안 거의 다 파괴되는 tryptophan을 제외한 17종의 아미노산중, glutamic acid, glycine, alanine, aspartic acid의 순으로 함량이 높았고, 필수아미노산도 고루게 함유되어 있었다. 특히, 함유황아미노산인 methionine도 1.5%로 옥수수 1.92%<sup>31)</sup> 밀 1.46%,<sup>31)</sup> 대두 1.4%,<sup>32)</sup> 방풍 1.0%<sup>32)</sup>에 비하여 아미노산 조성비에 있어 큰 차이를 보이지 않았다. 또한, 곡물단백질로서 가장 결핍되기 쉬운 아미노산인 lysine은 5.2%로서 옥수수, 밀, 쌀 등<sup>31)</sup>의 2~4%에 비하면 비교적 높은 조성비를 나타내고 있다.

**Table 8. Amino acid profiles of free proteins of defatted and non-proteinous nitrogen compounds in maize germs. (Ng-A.A./16g-N)**

| Amino acids   | Content |
|---------------|---------|
| Lysine        | 0.98    |
| Histidine     | 1.52    |
| Arginine      | 1.13    |
| Threonine     | 0.58    |
| Serine        | 0.88    |
| Aspartic acid | 0.87    |
| Glutamic acid | 1.27    |
| Proline       | 0.77    |
| Glycine       | 2.02    |
| Alanine       | 1.53    |
| Valine        | 0.63    |
| Methionine    | 0.14    |
| Isoleucine    | 0.29    |
| Leucine       | 0.76    |
| Tyrosine      | 0.19    |
| Phenylalanine | 0.28    |
| Cystein       | 0.09    |

SDS-PAGE법에 의하여 시료단백질의 분자량을 비교·추정한 결과는 Figure 3과 같다.

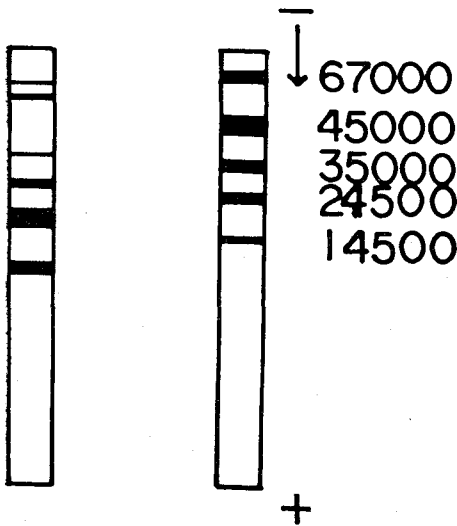
옥수수 분리배아 박층에 함유되어 있는 단백질은 5~6개 정도의 분자량 크기를 달리한 단백질로 구성되어 있음을 알 수 있다. 14,000~24,500 정도의 분자크기를 가진 단백질이 주종을 이루고 있으며 14,500보다 분자량 크기가 작은 단백질과 25,000정도의 분자량을 가진 단백질의 band도 볼 수 있으나, 일반적으로 분자크기가 작은 단백질로 구성되어 있음을 알 수 있다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 옥수수 전분 제조 공정중에 분리·생성되는 배아추출부에는 단백질, 지방등의 영양소가 다량 함유되어 있고 필수지방산인 oleic acid 및 linoleic acid과 methionine등의 함유량 아미노산이 존재하는 것으로 미루어, 옥수수전분제조중 분리되는 부산물의 가공에 대한 연구가 더욱 더 적극적으로 진행되어야 할것으로 생각된다.

**요 약**

옥수수전분을 제조하는 과정에서 얻어지는 부산물의 산업적 이용과 공장 폐기물로 인한 환경오염을 최소화시키기 위한 기초자료를 얻기 위하여 옥수수를 파쇄하고 비중의 차로 전분부와 분리하여 모아지는 배아함유 폐기물의 조성분을 분석·정량하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 일반성분으로 조단백질이 25.3%, 조지방이 19.2%로 나타났으며 시료 100g당 열량은 512kcal로 우수하였다.
2. 무기성분의 함량은 Ca, P이 비교적 낮았으며, K, Mg, Zn, Mn은 높은 값을 나타내었다.
3. 유지의 화학적 특성으로는 요오드가는 44.0 점화가 292.3, 산가 1.5, 과산화가 3.3이었으며 종자나 배아의 지방질 특성과 비슷하였다.
4. Silicic acid column chromatography에 의하여 분획된 지질은 대부분 중성지질 이었으며 다음으로 당지질, 인지질 순이었다.
5. 전지질, 유리지질 및 결합지질의 주요 지방산은 linoleic(60~62.5%), oleic(20~22.5%) 및 palmitic acid(10~13.5%)이었으며 불포화지방산이 포화지방산 보다 훨씬 많았다.
6. 질소화합물은 불용성 단백질질소함량이 32.5



**Fig. 3. SDS-polyacrylamide gel disc electrophoretic pattern of corn germ protein**  
**Right: Standard proteins**  
**Left : Corn germ protein.**

아울러, 시료단백질과 단백질 분자량의 크기가 일정한 표준단백질 sodium dodecyl sulfate를 첨가하여, 단백질 전하를 음전하로 변형시킨후

%로 가장 많고, 수용성 단백질질소 12.7% 및 peptide태 질소화합물은 3.3%로 적은 함량을 보였다.

7. 단백질의 주요 amino산은 glutamic, glycine, alanine 및 aspartic acid등 이었으며 곡류에 결핍되기 쉬운 lysine을 포함한 필수아미노산도 고루 함유되어 있었다.

8. SDS-disc electrophoresis 결과 5~6개의 단백질 band를 확인하였으며, 14,500~24,500 정도의 분자량을 가진 단백질이 주종을 이루고 있음을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. Pelshenke, P. and Lindemann, E.: *Die Stärke*, **6**, 177 (1954)
2. Schlandt, K.: *Die Stärke*, **16**, 23 (1964)
3. Kempf, W.: *Die Stärke*, **24**(8), 269 (1972)
4. Berkhout, F.: In "Starch Production Technology", Vol 1., Applied Science Pub., Essex, England, 109 (1982)
5. A.O.A.C.: *Official Methods of analysis 13th ed.*, Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., 602 (1980)
6. 日本油化學協會: 基準油脂試驗法, (朝倉書店 東京), 163 (1966)
7. A.O.C.S.: *Sampling and Analysis of Commercial Fats and Oils.*, A.O.C.S. Official Method Cd 1-25 and 3a-63 (1973)
8. Robert, B. and Dorothy, D.B.: In "Methods in Enzymology III", 1002 (1971)
9. Snell, F.D. and Snell, C.T.: In "Colorimetric Method of Analysis". 3th ed., 3 (1963)
10. Boggess, T.S., Marion, J.E., Woodroof, J.G. and Dempsey, A.H.: *J. Food Sci.*, **32**, 554 (1967)
11. Privett, O.S., Dougyerthy, K.A., Erdahl, W.L. and Stolyhwo, A.: *J. Am. Oil chem. Soc.*, **50**, 516 (1973)
12. Hirsh, J. and Ahrens, E.H.: *J. Chromatography*, **18**, 589 (1958)
13. Katz, K.A. and Dawson, L.E.: *J. Biol. Chem.*, **233**, 311 (1965)
14. Nelson, G.T.: *J. Lipid Research*, **3**, 71 (1962)
15. Siakatos, A.N. and Rouser, G.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **42**, 913 (1965)
16. Dittmer, T.C. and Lester, R.L.: *J. Lipid Res.*, **5**, 126 (1964)
17. Rouser, G., O Breien, J. and Heller, D.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **38**, 14 (1961)
18. Work, J.S. and Work, E.: In "Laboratory Techniques in Biochemistry and Molecular Biology", North Holland, 347 (1972)
19. 日本油化學協會: 基準油脂試驗法, (朝倉書店 東京), 93 (1966)
20. Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A and Pelka, J.R.: *Anal. Chem.*, **38**, 514 (1966)
21. Campenio, S., Barbe, J. and Lanet, J.: *Ann. Pharm.*, **23**(2), 165 (1970)
22. Joslyn, M.A.: In "Method of Food Analysis 2nd ed.", Academy Press, New York and London, 617 (1970)
23. Moore, S.: *J. Biol. Chem.*, **238**, 235(1963)
24. Ornstein, L.: *Ann. New York Acad. Sci.*, **121**, 321 (1964)
25. Davis, B.T.: *Ann. New York Acad. Sci.*, **121**, 404 (1964)
26. 신기성·조성환: 경상대학교 석사논문집(1985)
27. Copeland, L.O.: In "Principles of Seed Science and Technology", Burgess Pub., 39 (1983)
28. O.R.D. & R.N.I.: In "Food Composition Table. 2nd ed.", 11 (1981)
29. Kamel, B.S., De Man, J.M., and Blackman, B.: *J. Food Technol.*, **17**, 263 (1982)
30. Bernardini, E.: In "Oil Seeds, Oils and Fats Vol.1, Raw Materials Techniques", B.E. Oil. Rome. Italy. 221 (1983)
31. Sibbald, I.R.: *Poultry Science*, **58**, 934 (1979)
32. Smith, K.J.: *J. AOCS*, **48**, 625 (1971)